

Estudo preliminar de viabilidade para implantação de uma central de produção de biogás a partir de dejetos suínos para fins energéticos

Luíze L. de Mattia¹ · José Alfredo D. da Costa²

Resumo Devido ao aumento progressivo da concentração dos gases de efeito estufa (GEE) provocado por atividades humanas, a demanda por fontes alternativas de energia tem crescido nos últimos anos. A poluição causada pelo manuseio e descarte incorreto de dejetos suínos tem gerado um grande risco de contaminação da atmosfera, do solo e dos mananciais de água superficiais e subterrâneas. A utilização da biodigestão anaeróbica como tratamento biológico dos dejetos suínos pode ser considerada uma alternativa atrativa, pois gera o biogás e o biofertilizante. No presente trabalho, estudou-se a viabilidade para a implantação de uma central de produção de biogás a partir de dejetos suínos para o município de Braço do Norte, que é considerado o segundo maior produtor de suínos de Santa Catarina. As informações para a realização do estudo de viabilidade foram obtidas através de consultas às instituições e produtores ligados ao setor de suinocultura do referido município. Com base nos dados levantados no campo foram identificadas as regiões com maior potencial de geração de biogás. A tecnologia escolhida para definição do CAPEX e OPEX foi a tecnologia alemã que adota os biodigestores circulares com agitação mecânica e geração de energia elétrica em motores estacionários. A análise de viabilidade contemplou dois modelos de negócios, o privado (MP) e o cooperado (MC), considerando três cenários: pequeno (P), médio (M) e grande (G) que representam a quantidade de suínos nas áreas em estudo. A escolha do modelo e dos cenários de maior viabilidade foi feito utilizando-se os indicadores de atratividade econômica: payback (tempo de retorno do investimento), valor presente líquido (VPL), e taxa interna de retorno (TIR). Os modelos MP e MC apresentaram viabilidade somente para o cenário G com valores de 35 e 53 meses de payback, R\$ 8.734.903,62 e R\$ 4.160.175,92 de VPL e 58% e 36% de TIR respectivamente.

Palavras-chave Suinocultura · Bioenergia · Biodigestão · Biofertilizante

✉ ¹ luize.leites@hotmail.com

✉ ² jdc@unesb.net

1 Introdução

O mundo está em uma conjuntura crítica em seus esforços para combater as mudanças climáticas causada pelas emissões de gases com efeito estufa. O acordo de Paris coloca todas as nações numa causa comum para empreender esforços para combater as alterações climáticas e adaptar-se aos seus efeitos, com um apoio reforçado para ajudar os países em desenvolvimento a fazê-lo. A NDC (Nationally Determined Contribution) do Brasil compromete-se a reduzir as emissões dos GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025 e uma contribuição indicativa subsequente em reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para isso, o País se compromete a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030 (REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, 2015).

Os principais GEE são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), clorofluorcarbonos (CFCs) e ozônio (O₃). É estimado que o impacto causado pelo gás metano no efeito estufa é 21 vezes maior que o impacto causado pelo dióxido de carbono (LIMA; PASSAMANI, 2012).

Nota-se um aumento progressivo da concentração dos GEE provocado pelas atividades humanas que emitem esses gases. Segundo pesquisas do IPCC a emissão dos gases do efeito estufa aumentaram cerca de 70% de 1970-2004 (IPCC, 2007). Dentre os setores responsáveis por essas emissões, estima-se que as atividades agrícolas são responsáveis pela maioria das emissões globais de CH₄ e N₂O, prevendo-se que até 2030 essa emissão aumente de 35-60% e 60%, respectivamente (IPCC, 2007).

Impactos ambientais gerados pelo desenvolvimento agropecuário se refletem na qualidade de vida da população, no processo produtivo de outras atividades, criando condições desfavoráveis às atividades sociais e econômicas, além de afetar de forma negativa a biota (BRASIL, 2002). O impacto ambiental causado pelo tratamento inadequado dos dejetos de suínos, que normalmente são usados como fertilizante agrícola,

gera um risco de poluição ambiental (OLIVEIRA, 1993). Este resíduo pode contaminar o solo e os mananciais superficiais e subterrâneos pelo excesso de nitratos, fósforo, cobre e zinco além da proliferação de microrganismos entéricos. As emissões de CH_4 e N_2O a partir da geração e do manejo de dejetos animais também têm contribuído para o aumento dos GEE (PESSUTO et al., 2016); (FALCÃO; GUSMÃO, 2008).

No Brasil o plantel reprodutivo de suínos é de 1.720.255 matrizes, tendo produzido 39.263.964 suínos para o abate em 2015. Santa Catarina lidera o ranking com número estimado de 420.488 matrizes (24,4% do total) (NEVES, 2016). O município de Concórdia possui a maior produção de suínos com uma participação estadual de 4,9%, seguida por Braço do Norte com uma participação de 4,7% (IBGE, 2015).

Devido à intensa atividade de criação de suínos desenvolvida no município de Braço do Norte, há consequências relacionadas à poluição hídrica, visto que parte dos dejetos suínos acabam alcançando os cursos de água da região (ARAÚJO et al., 2012). O potencial poluidor da suinocultura pode ser mensurado pelo equivalente populacional, que para o caso do município de Braço do Norte o plantel de suínos pode equivaler entre 500.000 a 1.000.000 habitantes. A sub-bacia do rio Bonito/Coruja é um exemplo claro da influência dos dejetos sobre as águas e a população (BRASIL, 2002). Com a intensificação dos problemas ambientais, em função da alta concentração de dejetos suínos, necessita-se alternativas que possam minimizar o problema e como consequência plausível, acrescentar algum valor aos resíduos gerados. Nesse intuito a geração e utilização de biogás apresenta-se como uma alternativa conveniente para a solução desses problemas ambientais (KUNZ; OLIVEIRA, 2006).

A digestão anaeróbia é um processo de tratamento biológico de degradação da matéria orgânica que ocorre na ausência de oxigênio, através de reações bioquímicas que se integram em quatro etapas. A maior parte da carga orgânica do dejetos bruto é convertida em biogás, sendo este uma mistura gasosa rica em metano (FALCÃO; GUSMÃO, 2008). Em sua principal composição o biogás possui entre 60 a 70% de CH_4 , 30 a 40% de CO_2 e traços de sulfeto de hidrogênio (H_2S) que normalmente deve situar-se abaixo de 10 g/m³ (OLIVEIRA, 1993).

O biogás sendo uma fonte de energia renovável, sua recuperação e uso energético apresentam vantagens no tratamento de resíduos, em termos energéticos, ambientais e econômicos. É um processo natural que produz um combustível de alta qualidade e ecologicamente correto (a combustão do metano só

produz água e dióxido de carbono, não gerando nenhum gás tóxico); o resíduo proveniente do processo é o biofertilizante, rico em nutrientes e livres de microrganismos patogênicos; reduz significativamente as emissões de CO_2 e de CH_4 ; e reduz a geração de odor nas vizinhanças, de chorume e de contaminação do lençol freático (FALCÃO; GUSMÃO, 2008).

Tendo em vista o potencial poluidor e as características dos dejetos gerados pelas atividades de suinocultura, faz-se necessário a mitigação de seus impactos através da utilização de tecnologias que priorizem a geração de energia elétrica e de biofertilizantes, soluções estas que agregam valor aos resíduos e aumentam a sustentabilidade da atividade da suinocultura. Neste sentido o estudo proposto tem como objetivo a análise de viabilidade para instalação de uma usina central de geração de biogás para fins energéticos a partir de dejetos suínos, situada no município de Braço do Norte.

2 Materiais e Métodos

O trabalho utilizou como estudo de caso a região suinocultora de Braço do Norte e para consecução de seus objetivos foram desenvolvidas as atividades subscritas.

2.1 Levantamento de dados

Essa atividade teve por objetivo subsidiar a elaboração dos cenários de maior atratividade para definição do modelo de negócio objeto desse estudo.

Como auxílio na obtenção das informações, foram elaborados formulários específicos para cada levantamento de dados realizados.

A identificação de regiões de maiores concentrações de suínos e consumidores de energia elétrica foi obtida com base no levantamento de dados, através de visitas técnicas na área de estudo.

2.1.1 Consultas a Associação Catarinense de Criadores de Suínos (ACCS)

Busca de informações sobre o histórico de iniciativas de implantação de projetos de biogás, dificuldades encontradas, sugestões de melhorias, atualização da quantidade de produtores de suínos na região de estudo e a situação atual do tratamento utilizado bem como as iniciativas existentes para retomada de estudos da geração de biogás.

2.1.2 Consulta a Prefeitura Municipal de Braço do Norte

Cadastro de informação sobre a localização dos produtores de suínos, estatísticas do município e divisão política da área de estudo.

2.1.3 Coleta de dados fornecidos pela Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC)

Foram obtidas informações de campo relativas ao plantel atualizado de suínos por região o que permitiu validar os dados obtidos ao longo das visitas técnicas.

2.1.4 Visitas aos produtores de suínos

Estas visitas tiveram como objetivo o conhecimento da realidade dos produtores locais de suínos.

2.1.5 Visitas técnicas a plantas de geração de biogás situadas em Pomerode (SC) e Lauro Muller (SC).

Conhecer boas práticas e tecnologias existentes em operação para obtenção e uso de biogás, biometano e biofertilizante.

2.1.6 Visita à Cooperativa de Energia de Braço do Norte

Quantificação do consumo de energia elétrica do setor de suinocultura para análise de viabilidade dos cenários do modelo de negócio proposto.

2.2 Geoprocessamento

Para a identificação das regiões de Braço do Norte com maiores concentrações de granjas de suínos foram elaborados mapas a partir do levantamento de dados feito na região e de imagens de satélites fornecidas pelo Google Earth (2016), com o auxílio de profissionais do setor de cartografia da UNESC utilizando o software ArcGIS 10.2.1.

Os mapas elaborados têm como objetivo a melhor tomada de decisão e avaliação para o estudo da implantação da usina central de biogás.

2.3 Análise de viabilidade da usina central de biogás

2.3.1 Seleção da localização da Usina Central de Biogás

Na definição do local de instalação da usina central, foram selecionadas as áreas de maior densidade de suínos por km² denominadas A, B, C e D, com os raios de abrangência de 1,5, 3 e 5 km que definiram os cenários com tamanhos denominados como pequeno (P), médio (M) e grande (G).

2.3.2 Premissas de projeto para dimensionamento dos cenários P, M e G

Na tabela 1 tem-se os parâmetros que foram utilizados para os cálculos da geração de biogás e energia para cada cenário. Considerou-se uma produção diária de 7 litros de dejetos por suíno com peso compreendido entre 25-120 kg (OLIVEIRA, 1993). A matéria orgânica existente nos dejetos é representada pelos sólidos voláteis (SV), sendo este responsável direto pela produção de biogás. A conversão de SV em biogás, segundo Oliveira (1993) situa-se entre 0,37-0,5 m³biogás/KgSV. A conversão de biogás em eletricidade de 1,37 kWh/m³ foi fornecida pela empresa Archea New Energy GmbH, apresentando-se uma redução de 15% com relação ao valor utilizado em literatura (NISHIMURA, 2009). Adicionalmente considerou-se um consumo específico de 2,22 kWh/mês/suíno conforme informações obtidas no levantamento de dados realizado.

2.3.3 Modelo de negócio proposto

A elaboração do modelo de negócio considerou uma usina central de biogás, gerado a partir de dejetos suínos, em operação no município de Pomerode-SC. Esta usina utiliza tecnologia alemã de biodigestores circulares que prevê a concentração de sólidos totais (ST) de 4% para 12%, com sistema de aquecimento por serpentinas internas, agitação tangencial, sistema biológicos de remoção de enxofre, produção e comercialização de energia elétrica e biofertilizante.

A constituição da unidade de negócios analisou o sistema cooperativista (MC) e a iniciativa privada (MP), considerando as seguintes premissas, descritas na tabela 2.

Tabela 1 – Parâmetros do processo de geração do biogás e energia elétrica.

Dejetos (L/dia/suíno)	ST* (%)	ST (Kg/m ³)	SV/ST (%)	m ³ biogás/ KgSV	Dias de retenção	(kWh/ m ³ biogás)	Consumo de energia (kWh/mês/suíno)
7	12	120	80	0,4	20	1,37	2,22

ST*-Concentração dos sólidos totais de 4% para 12%

Fonte: Adaptado de Oliveira 1993

Tabela 2. Premissas do modelo de negócio.

Premissas	MC	MP
Energia Elétrica	Compensação da energia elétrica produzida pelo biogás com a energia fornecida pela concessionária do município. Com venda do excedente para o mercado de energia livre industrial e/ou rural.	Venda integral da energia elétrica produzida para o mercado de energia livre industrial e/ou rural.
Biofertilizante	Comercialização parcial FOB* com distribuição compensatória aos cooperados. Preço de venda ≤ R\$ 10,00 por saco de 25 kg.	Comercialização integral FOB*. Preço de venda ≤ R\$ 10,00 por saco de 25 kg.
Cenários	P, M e G.	P, M e G.
Coleta dos dejetos	No quilometro rodado, considera a coleta dos dejetos suínos.	No quilometro rodado, considera a coleta dos dejetos.
Payback	≤ 60 meses.	≤ 60 meses.
TIR e VPL	Resultados positivos	Resultados positivos
Relação entre as partes	Contrato por um período mínimo de 10 anos, com garantias de cotas.	Contrato por um período mínimo de 2 anos, renováveis e exclusividade mínima de fornecimento por 10 anos.

*FOB – Free on board (cliente retira na usina).

2.3.4 Indicadores de atratividade econômica

O estudo de viabilidade levou em consideração os seguintes indicadores de atratividade econômicas: Payback, VPL, TIR, CAPEX e OPEX, abaixo descritos.

2.3.4.1 Tempo de retorno de investimento (Payback)

Um método simples para obtenção do tempo de retorno do investimento é dividir o capital total de investimento (capital fixo e de trabalho) pelo fluxo de caixa anual médio, conforme a equação 1:

$$\text{Payback} = \frac{\text{investimento total}}{\text{fluxo de caixa anual médio}} \quad (1)$$

O payback pode ser definido como o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala a este investimento. A partir deste momento, o investimento do projeto é quitado (TOWLER; SINNOTT, 2008).

2.3.4.2 Valor presente líquido (VPL)

O valor presente líquido consiste em trazer todas as entradas e saídas de caixa para a data zero de investimento, retirando deste valor a taxa de juros, comumente conhecida como taxa mínima de atratividade (TMA).

O valor presente líquido pode ser calculado a partir da equação 2:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad (2)$$

Em que, “n” é o período de tempo, “i” é a taxa de desconto, “FC_j” é a fluxo de caixa previsto no projeto para cada período de tempo e “FC₀” como o fluxo de caixa verificado no instante zero, podendo ser um investimento, empréstimo ou financiamento (TOWLER; SINNOTT, 2008).

Um VPL maior que zero demonstra um investimento atrativo uma vez que as entradas de caixa são maiores do que as saídas. Caso o VPL seja zero, o investimento é indiferente, e por fim, menor que zero, o investimento apresenta um alto risco tornando-o não atrativo (TOWLER; SINNOTT, 2008).

2.3.4.3 Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é calculada com base na equação 2 igualando-se o VPL a zero e utilizando a TIR como incógnita da taxa de conversão. Pode ser definido como a taxa de desconto que iguala o valor presente líquido de uma oportunidade de investimento a zero, uma vez que o valor presente das entradas se iguala ao investimento inicial (TOWLER; SINNOTT, 2008).

2.3.4.4 Custo de investimento (CAPEX)

O custo de investimento enquadra o custo total de projetar, construir e instalar uma planta e as modificações necessárias para preparar o local da planta (TOWLER; SINNOTT, 2008).

A precisão de uma estimativa depende da quantidade de detalhe disponível do projeto, da exatidão dos dados de custo disponíveis e do tempo gasto na preparação da estimativa. Nas fases iniciais de um projeto, apenas será necessária uma estimativa aproximada, justificada pela quantidade de informação disponível (TOWLER; SINNOTT, 2008).

2.3.4.5 Custo operacional (OPEX)

Os custos operacionais referem-se ao custo associado à manutenção dos equipamentos, gastos de consumíveis, salários dos funcionários e outras despesas operacionais.

3. Resultados e Discussões

3.1 Levantamento de dados

Os resultados obtidos no levantamento de dados estão apresentados na tabela 3.

A partir das informações da tabela 3, obteve-se a quantidade de suínos por região do município de Braço do Norte, conforme apresentado na figura 1.

Tabela 3. Fonte de consulta.

Fonte de consulta	Informação obtida
CIDASC	Número de suínos por região
Prefeitura	Mapa geopolítico das regiões do município de Braço do Norte
Cebanorte	Consumo de energia elétrica do setor de suinocultura
ACCS	Histórico das iniciativas de implantação de biodigestores e indicação das regiões de maior potencial de produção de biogás
Produtores de pequeno porte	Informações sobre geração e manejo dos dejetos
Plantas de biogás em operação	Tecnologias utilizadas, dados operacionais e de investimentos.

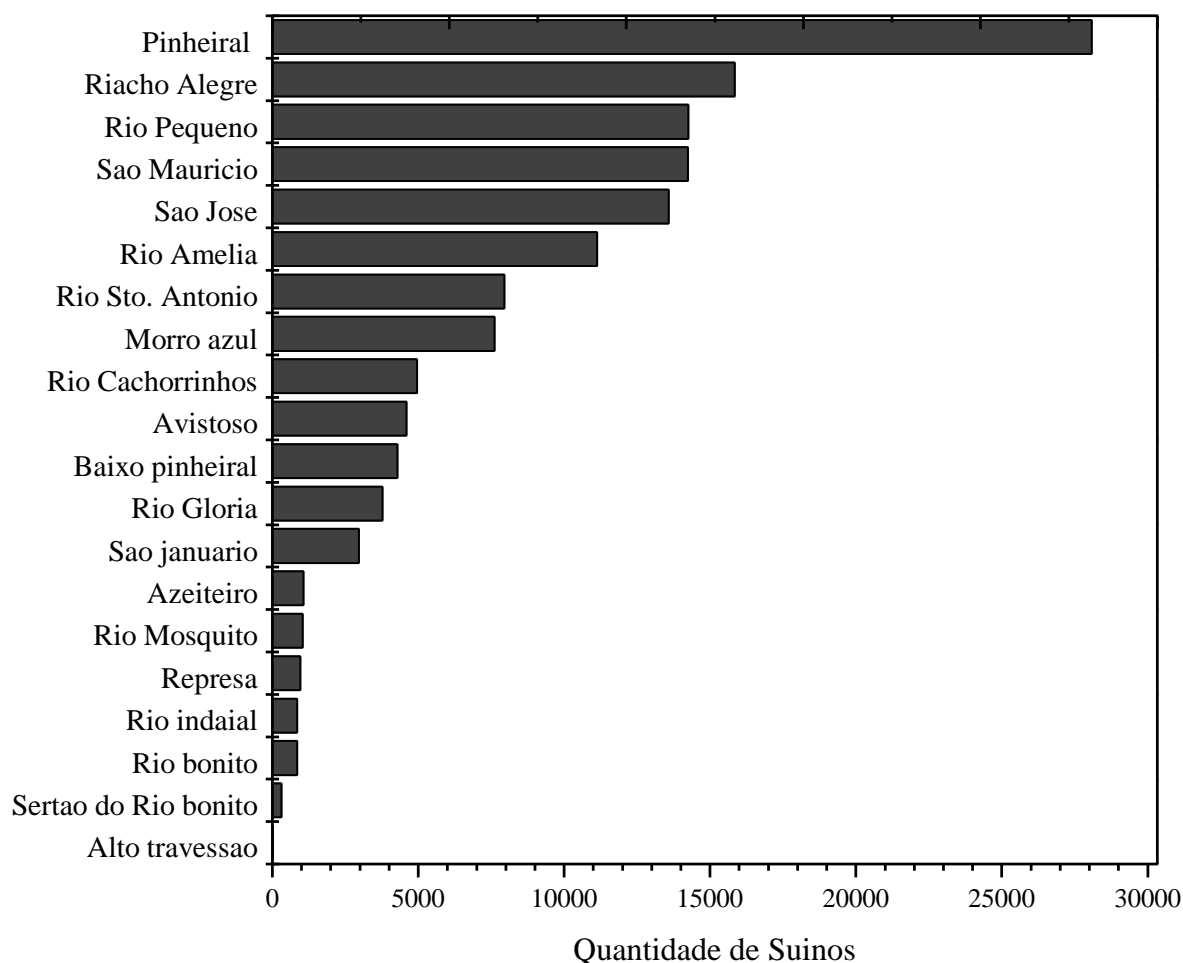


Fig 1. Quantidade de suínos por região de Braço do Norte (adaptado de CIDASC, 2017).

A figura 1 mostra que as regiões de Pinheiral, Riacho Alegre, Rio Pequeno, São Maurício, São José e Rio Amélia são as regiões de maior concentração de suínos por região atingindo um plantel de suínos acima de 10.000, confirmando as informações obtidas nas visitas técnicas a campo. Destaca-se a região de Pinheiral com um plantel acima de 25.000 suínos apresentando o maior potencial para geração de biogás.

3.2 Geoprocessamento

A partir das informações da figura 1, as granjas pertencentes a Braço do Norte foram identificadas pelo Google Earth (2016) e geoprocessadas através do software ArcGIS 10.2.1 gerando o mapa de densidade de granjas por km², conforme demonstrado na figura 2.

As áreas destacadas na cor vermelha representam as regiões de maior concentração de granjas por km² e coincidem com as observadas na figura 1. Destacam-se três áreas que demonstram maior potencial para a produção de biogás, sendo denominadas áreas A, B e C para efeito de avaliação da viabilidade de projeto.

3.3 Análise de viabilidade da usina central de biogás

3.3.1 Seleção da localização da usina central de biogás

A figura 3 apresenta os raios de abrangência que configuram o potencial de geração de biogás nas áreas A, B, C e D sendo que esta última representa o somatório de todas as três áreas de maior concentração de granjas supracitadas.

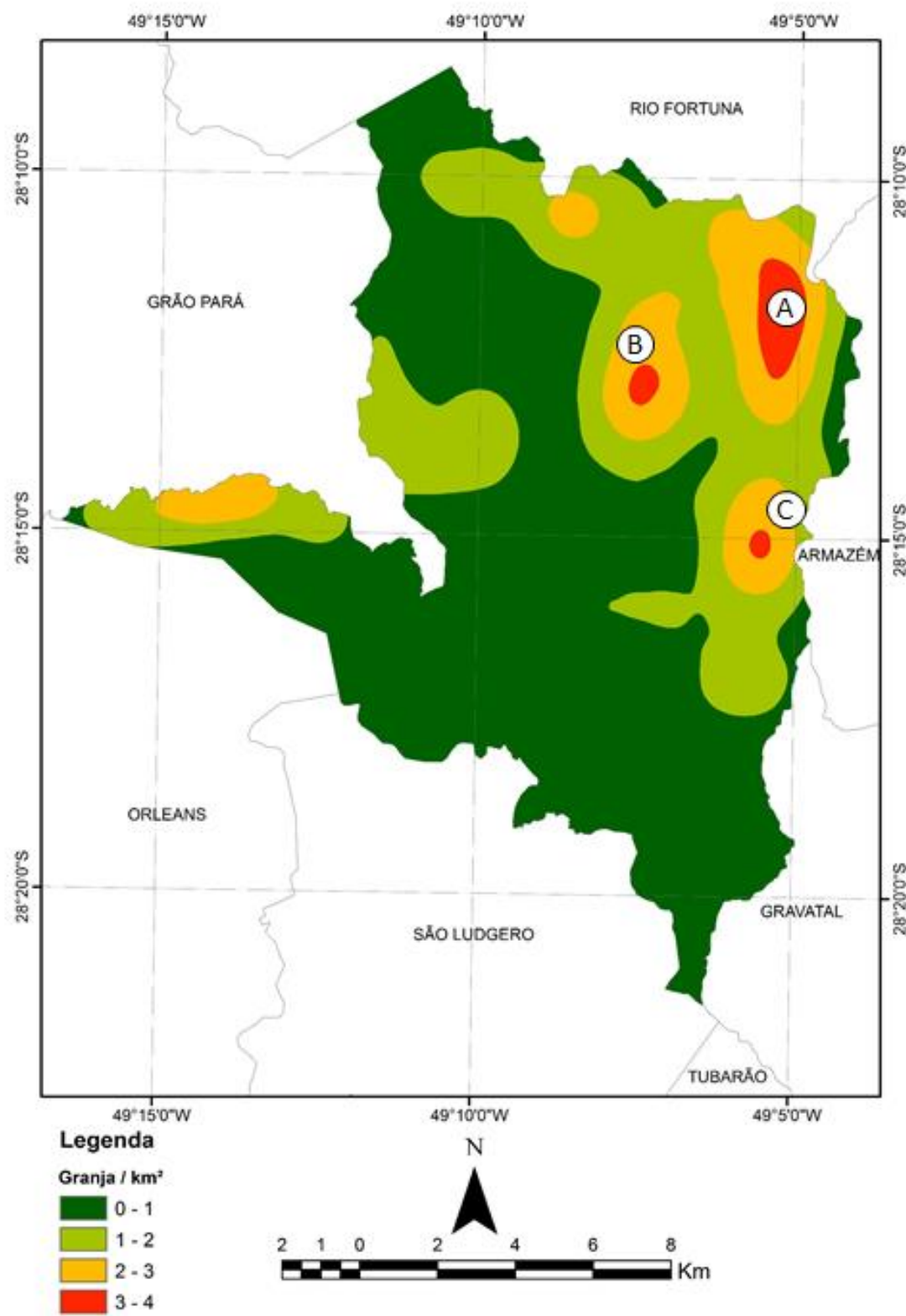


Fig 2. Mapa da densidade de granjas por km².

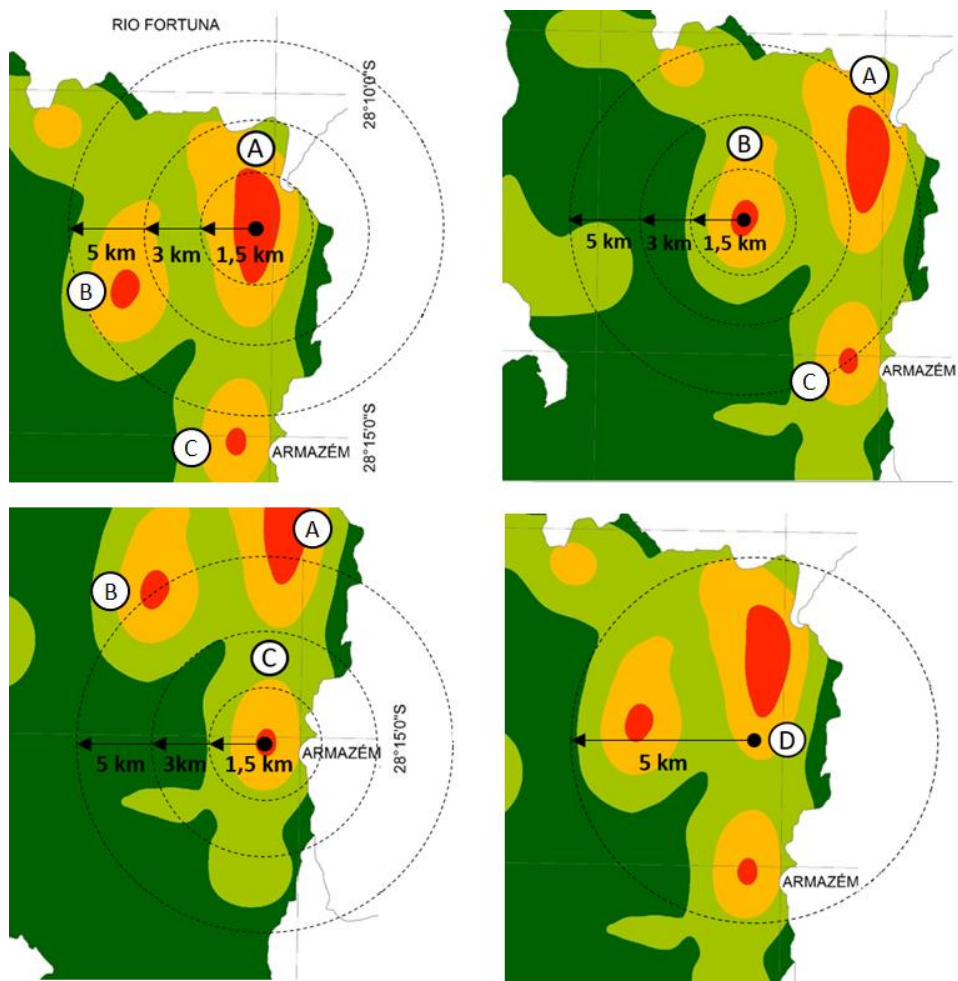


Fig 3. Quantificação do número de granjas por área de abrangência no município de Braço do Norte com raios de 1,5 km, 3 km e 5 km.

A localização da usina central levou em consideração o plantel de suínos por área potencial de produção de biogás de acordo com os raios de abrangência, respeitando os limites do município conforme figura 3, que permitiu a elaboração da tabela 4 com as quantidades de suínos nas respectivas áreas em estudo.

A partir da tabela 4 foi quantificada a densidade de suínos por km² efetivo, representada na tabela 5, que inclui apenas as áreas A, B, C e D pertencentes ao município de Braço do Norte.

Tabela 4. Quantidade de suínos por área.

Raio de abrangência (km)	Área			
	A	B	C	D
1,5	14.897	6.840	5.566	-
3	37.721	15.633	11.919	-
5	51.371	79.978	34.863	61.617

Tabela 5. Densidade de suínos por km².

Raio de abrangência (km)	A	B	C	D
	Densidade (Suínos/km ²)	Densidade (Suínos/km ²)	Densidade (Suínos/km ²)	Densidade (Suínos/km ²)
1,5	8.606,09	3.872,72	3.501,71	-
3	7.118,75	2.212,69	2.108,79	-
5	4.027,12	4.075,31	2.537,76	4.485,31

Observa-se que a área de abrangência A com raio de 1,5 km e 3 km possuem a maior densidade de suínos por km², por outro lado as áreas de abrangência B e D têm densidades de aproximadamente 50% menor que a área A e apresentam um plantel de suínos 40% superior que a mesma.

Como resultado das quantificações presentes na tabela 4, foram gerados três cenários para análise de viabilidade da central de biogás: P-pequeno, M-médio e G-grande, expressos pelas áreas codificadas A 1,5 km, B 3 km e C 3 km; A 3 km e C 5 km; A 5 km, B 5 km e D 5 km, correspondendo às quantidades de 15.000, 30.000 e 60.000 suínos respectivamente.

3.3.2 Projeto para dimensionamento dos cenários P, M e G

A tabela 6 apresenta os resultados obtidos no dimensionamento, de acordo com a tabela 1, para os cenários P, M e G.

Tabela 6. Dimensionamento do projeto.

Parâmetros	P	M	G
Número de animais	15.000	30.000	60.000
Dejetos (m ³ /dia)	105	210	420
Vazão dejetos pós centrifuga (m ³ /dia)	35	70	140
Volume biodigestor (m ³)	700	1.400	2.800
ST (Kg/dia)	4.200	8.399	16.798
SV (Kg/dia)	3.360	6.719	13.439
Geração de biogás (m ³ /dia)	1.344	2.688	5.375
Geração de energia elétrica (kWh)	83	165	330

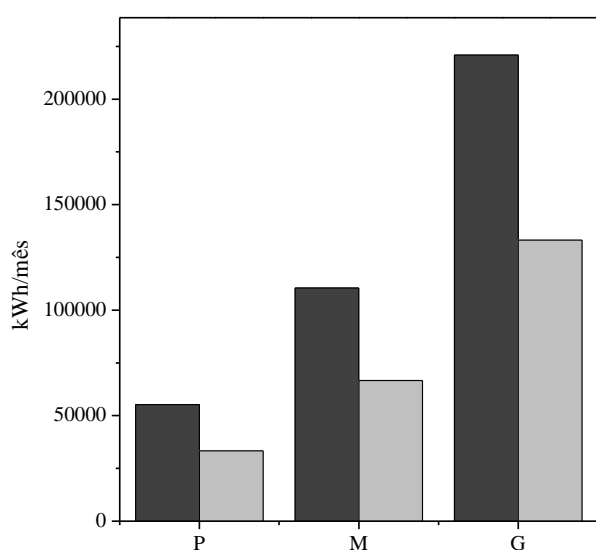


Fig. 4 Potencial de geração (■) e consumo (■) de energia elétrica em kWh/mês no setor de suinocultura de Braço do Norte

Os volumes de biodigestores obtidos na tabela 6 estão de acordo com os volumes comerciais de 750 e 1.500 m³, recomendados pela empresa Archea New Energy GmbH, sendo que, no cenário tamanho G são necessários dois biodigestores com volume de 1500 m³ cada, devido a ultrapassagem do volume máximo de 2.300 m³ estipulado pela referida empresa.

A figura 4 apresenta o potencial de geração e consumo de energia elétrica. Observa-se que há um excedente de energia elétrica para comercialização nos cenários P, M e G e nos modelos de negócios MC e MP. Estes resultados serão utilizados na análise de viabilidade do projeto.

Com base na figura 4 destaca-se que a geração de energia elétrica é 39,7% maior que o consumo, representando um saldo de energia para os cenários P, M e G de 21,9, 43,8 e 87,7 MWh/mês respectivamente.

3.3.3 Análise de viabilidade do modelo de negócio propostos

Na análise dos resultados apresentados na tabela 7, destaca-se que no modelo de negócio MP o cenário G tem atratividade maior que os cenários M e P, sendo 41,6 % inferior ao payback limite estabelecido de 60 meses de acordo com as premissas do estudo, com um TIR de 58% e VPL de R\$ 8.734.903,62.

No modelo MC destaca-se o cenário G com maior atratividade que o P e M, sendo 11,6% inferior ao payback limite estabelecido de 60 meses, com um TIR de 36% e VPL de R\$ 4.160.175,92.

O cenário M no modelo MP, embora apresente um payback próximo a 60 meses, os outros indicadores VPL e TIR foram inferiores ao do MC, cenário G.

A figura 5 compara os modelos de negócios MP e MC com seus cenários P, M e G, observa-se que o modelo de negócio MP apresenta uma atratividade

maior do que o MC, principalmente nos cenários M e G, tal fato pode ser atribuído devido a premissa de venda da energia elétrica ao mercado livre, num valor superior em 25% e no biofertilizante, tem-se um ganho adicional de 25%, devido a não doação para o cooperado, conforme previsto no MC.

Ressalta-se que as considerações supracitadas carecem de uma análise de risco em relação as

garantias de acesso aos dejetos suínos por um tempo mínimo superior ao payback, aceite de compensação da energia elétrica gerada pela usina entre os cooperados e para o caso específico do modelo MP, a venda integral de energia no mercado livre no valor superior ao MC em no mínimo 25%, obtido, por exemplo, nesse estudo.

Tabela 7. Análise de viabilidade dos modelos MP e MC.

Modelo		CAPEX* (R\$)	OPEX* (R\$/mês)	Geração de caixa (R\$/mês)	Payback (meses)	VPL (R\$)	TIR (%)
MP	P	R\$ 1.471.763,00	R\$ 28.373,07	R\$ 22.018,53	104	R\$ 130.795,17	17
	M	R\$ 2.690.000,00	R\$ 42.525,11	R\$ 60.958,08	62	R\$ 2.151.970,22	31
	G	R\$ 3.780.000,00	R\$ 62.166,88	R\$ 147.499,50	35	R\$ 8.734.903,62	58
MC	P	R\$ 1.471.763,00	R\$ 28.373,07	R\$ 9.634,18	120	-R\$ 1.012.886,75	-2
	M	R\$ 2.690.000,00	R\$ 42.525,11	R\$ 36.189,38	120	-R\$ 135.393,63	14
	G	R\$ 3.780.000,00	R\$ 62.166,88	R\$ 97.962,10	53	R\$ 4.160.175,92	36

CAPEX* - inclui como investimentos usina completa (biodigestores, geradores, transformadores, unidade de compostagem, centrífuga, caminhões e benfeitorias. OPEX* - inclui gastos com mão de obra, manutenção, depreciação, coleta de dejetos, tratamento de efluentes e materiais.

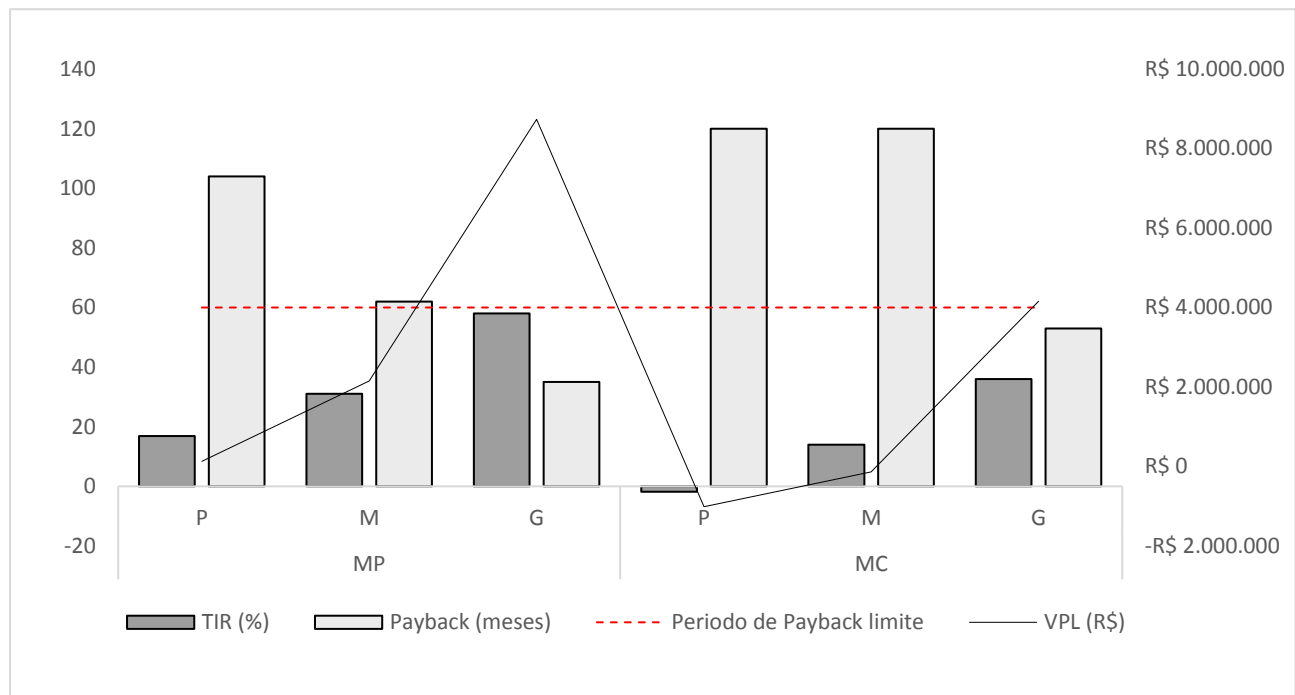


Fig 5. Análise comparativa dos modelos MC e MP com respectivos cenários.

4. Conclusão

Considerando as informações obtidas, os dimensionamentos e as análises realizadas no estudo preliminar proposto, pode-se destacar que o modelo de negócio MP no cenário G apresenta a melhor atratividade quando comparado com o MC no mesmo cenário, sendo ambos viáveis, para as premissas do projeto. Um ponto importante a ser considerado, é que a unidade de compostagem possui um potencial de gerar uma receita determinante para a viabilização do projeto, através da comercialização do biofertilizante.

A localização da usina central de biogás foi definida em função da viabilidade do modelo MP e MC para o cenário G que aponta para as áreas A, B e D, com raio de abrangência de 5 km conforme definidas na tabela 4. A área D por apresentar uma maior densidade de suínos por km², quando comparada com as áreas A e B, tem um maior potencial para sediar a usina central de biogás proposta nesse projeto.

Considerando os aspectos legais da obrigatoriedade e devido ao grau poluidor da atividade de suinocultura, a instalação de uma central de biogás, conforme projeto proposto, torna-se importante para a solução do problema desta atividade no município de Braço do Norte.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se uma ampliação desse estudo preliminar com o objetivo de detalhar e confirmar a validade das premissas incluindo uma análise de risco relacionada às questões que envolvem o acesso aos dejetos de suínos, a comercialização da energia elétrica e do biofertilizante.

Agradecimentos

Os autores agradecem à UNESC, ao setor de cartografia do IPARQUE, a CIDASC de Braço do Norte e a Empresa Archea New Energy GmbH pelas informações cedidas.

Referências

- ARAÚJO, I. S. et al. Avaliação de sistema de tratamento de dejetos suínos instalado no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 745–753, 2012.
- BRASIL, D. M. **Apontamentos sobre o valor do prejuízo ecológico. Alguns parâmetros da suinocultura em Braço do Norte**. 2002. 222 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- Climate Change 2007: **Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**[B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., XXX pp.
- FALCÃO, M. M.; GUSMÃO, C. DE C. **Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default_xls_perfil.shtm>. Acesso em: 4 abr. 2017.
- KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. DE. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, n. 3, p. 28–35, 2006.
- LIMA, A. C. G.; PASSAMANI, F. C. **Avaliação do potencial energético do biogás produzido no reator UASB da ETE-UFES**. 2012. 106 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.
- NEVES, M. F. et al. **Mapeamento da suinocultura brasileira**. Brasília: Sebrae, 2016. Disponível em: <<http://www.abcs.org.br/informativo-abcs/2364-mapeamento-da-suinocultura-brasileira-ja-esta-disponivel-no-site-da-abcs>>. Acesso em: 19 abr. 2017.
- NISHIMURA, R. **Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implementação de aplicativo computacional**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.
- OLIVEIRA, P. A. V. DE. **Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPQA, p. 188, 1993.
- PESSUTO, J. et al. Enhancement of biogas and methane production by anaerobic digestion of swine

manure with addition of microorganisms isolated from sewage sludge. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 104, p. 233–239, 2016

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Constituição (2015). **Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima**. 28 set. 2015. Disponível

em: <<http://www.mma.gov.br/index.php/comunicacao/agencia-informma?view=blog&id=1163>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

TOWLER, G.; SINNOTT, R. **Chemical engineering design**: principles, practice and economics of plant and process design. Amsterdam: Elsevier, 2008. 1245 p.